振動現象で行動の“手順”が計算できる
～全く異なるAIの可能性～

■研究内容 ～振動子相互作用で最適解を計算～

医学部神経科学教室・坂本一寛准教授らによる「振動子の排他的相互作用が大域的に整合的な位相順序を生成：巡回セールスマン問題をベンチマークとして」が Biological Cybernetics(BC)誌に掲載されました。

近年の AI の発展を背景として 2024 年ノーベル物理学賞が Hopfield, Hinton 両博士に授与されました。Hopfield 博士は’80 年代の第二次 AI ブームの立役者で、そのモデルは 1985 年に BC 誌に掲載され、巡回セールスマン問題（代表的な組み合わせ最適化問題。N 都市を最短路で訪問するには?を考える。総経路(N－1)!/2 通り）に取り組みました。しかし、初期値依存性（どの値から計算を始めるかで異なる結果になること）が存在したため、彼のモデルはパタン認識に応用され、今日の AI の礎の一つとなったのです。

これに対し“手順”を考える神経機構の解明に長年取り組んできた坂本らは異なるアプローチをとりました。振動現象は生物に幅広く見られます。脳においても神経細胞は脳波の振動に乗って活動します。一方、複雑系科学においては振動子（振動する単位）の協調的相互作用がそれらを同期させることが知られていますが、排他的相互作用がどのような位相関係をもたらすかは詳細に調べられていませんでした。そこで坂本らは都市に見立てた振動子が互いの距離に応じて排斥し合うという単純モデル（上図）を構成し、その振る舞いを詳しく検討しました。その結果、距離の幾何的関係により 2 つのクラスタに収束する場合もありましたが、それ以外はほぼ最短経路に対応する位相

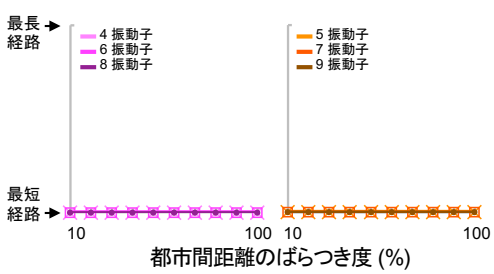
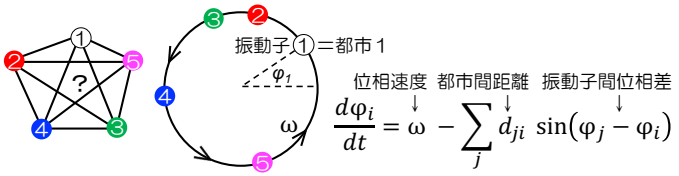


図. 非2クラスタ解の位相順序が示す経路長の順位

都市間の最短経路は？ 振動子の相互作用で計算できるか？



順序に収束すること（下図）、2 クラスタ解も振動子を追加することで壊しうること、どの解にも初期値依存性がないことを発見しました。つまり、振動子相互作用により、よい“手順”、最短経路という都市間の整合的な関係性が計算可能であることが示されたのです。

本研究はまた、本学部 5 期生・小野楓斗君、7 期生・鬼怒川雄大（かずまさ）君ら、若い医学生がこのような数理研究に大きな貢献をした点も特筆されます。

■応用可能性 ～全く異なる AI の基盤～

現在の AI は膨大に学習した既存知識の範囲で推定します。それでは環境変化が著しい場合の対応や突拍子もないアイディアの生成は不可能です。一方、ヒトは少ない事例から仮説を立て、著しい環境変化に対応したり斬新なアイディアをひらめいたりします。ニュートンが木から落ちるリンゴと太陽の周りを公転する惑星から万有引力の法則を発想したことはその最たる例です。万有引力の法則はリンゴと惑星の振る舞いに整合的に関係づけます。本研究の示唆する機構は脳の整合的関係性発見の基盤と考えられ、全く異なる AI 開発の端緒となると期待されます。

■今後の研究展開 ～“仮説”をひらめくモデルへ～

これまでの実験と理論の研究成果を統合し、“仮説”をひらめく神経回路理論モデルの構築を目指します。目指すところは参考図書をご覧ください。

■研究者の所属教室紹介（リンク）

医学部神経科学教室

■論文の URL

https://link.springer.com/article/10.1007/s00422-026-01067-z

■参考図書

坂本一寛「創造性の脳科学：複雑系生命システム論を超えて」東京大学出版会 2019 年